



## Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo

Nyembo Kimuni Luciens<sup>(1)</sup>, Useni Sikuzani Yannick<sup>(1)\*</sup>, Mpundu Mubemba Michel<sup>(1) &(2)</sup>, Bugeme Mugisho David<sup>(1)</sup>, Kasongo Lenge Emery<sup>(1)</sup>, Baboy Longanza Louis<sup>(1) &(3)</sup>

<sup>(1)</sup>Département de Phytotechnie, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P 1825, Lubumbashi (République Démocratique du Congo);

<sup>(2)</sup> Ecole d'hôtellerie et tourisme, Université de Lubumbashi, B.P 1825, Lubumbashi (République Démocratique du Congo);

<sup>(3)</sup> Université Libre de Bruxelles (Service d'Écologie du Paysage et Systèmes de Production Végétale, Avenue F.D. Roosevelt 50, CP 169 B-1050 Bruxelles, Belgique)

\*Correspondance, courriel : [luciensnyembo@yahoo.fr](mailto:luciensnyembo@yahoo.fr)

Original submitted in on 17<sup>th</sup> September 2012. Published online at [www.m.elewa.org](http://www.m.elewa.org) on 30<sup>th</sup> November 2012.

---

### RESUME

**Objectif :** Dans la province du Katanga, le rapport offre/demande du maïs est d'environ 0,5. La production est faible et le déficit est compensé par les importations. Cette étude a été initiée en vue de contribuer à l'augmentation de la production du maïs par l'évaluation des effets de doses croissantes des engrais minéraux sur le rendement et la rentabilité économique du maïs.

**Méthodologie et résultat :** L'expérimentation a été conduite à la ferme Kassapa de l'Université de Lubumbashi suivant un dispositif split plot comprenant 3 répétitions. Les traitements comprenaient 2 variétés de maïs (Unilu et Pan 53) et 5 doses des engrais chimiques (D0= témoin non fertilisé ; D1= 300 Kg NPKS + 200 Kg Urée à l'hectare ; D2= 400 Kg NPKS + 800 Kg Urée à l'hectare ; D3= 200 Kg NPKS + 400 Kg Urée à l'hectare ; D4= 500 Kg NPKS + 600 Kg Urée). Les résultats obtenus ont montré que tous les paramètres agronomiques croissent avec l'augmentation de la dose d'engrais, sauf le nombre d'épi par pied. Par contre, les deux variétés testées ont donné des rendements similaires. En revanche, la rentabilité des engrais minéraux diminue avec l'augmentation des doses et avec un rapport valeur sur cout (RVC) égal à 3, le traitement 300kg NPKS+200kg urée est le plus recommandable.

**Conclusion et application :** Dans un contexte où le prix élevé des engrais minéraux est très souvent un frein à l'intensification de la culture de maïs, cette étude constitue un apport à la fertilisation raisonnée et adaptée aux conditions socioéconomiques de la région, connaissant le faible revenu des paysans de la région.

**Mots clés :** Variété, Pan 53, Unilu, Engrais minéraux, Rentabilité, Maïs

## ABSTRACT

### Effect of increasing doses of the mineral fertilizer (NPKS and Urea) on Maize (*Zea mays* L.) yield and profitability in Lubumbashi, Southeast of the DR Congo

*Objective:* In the Katanga province, the ratio of supply/demand of maize is around 0.5. The production is low and the gap caused by this situation is usually compensated by maize importation. This study was done to contribute to the increase of maize production by evaluating the effects of increasing doses of mineral fertilizers on maize yield and the economic profitability.

*Methodology and results:* An experiment was conducted at the Kasapa farm of the University of Lubumbashi following a split plot design with 3 repetitions. Treatments consisted of 2 varieties of maize (Unilu and Pan 53) and 5 doses of chemical fertilizers (D0= Control; D1=300 Kg NPKS+200 Kg Urea/ha; D2=400 Kg NPKS+800 Kg urea/Ha; D3=200 Kg+400 Kg Urea/Ha; D4=500Kg NPKS+600 Kg Urea/Ha). Results showed that all the agronomic parameters grow with the fertilizer dose increment, except the number of ears per plant. Otherwise, the two varieties tested gave similar yields. On the other hand, the profitability of the mineral fertilizers decreases with the dose increment and with an ratio value/cost (RVC) = 3 the treatment of 300 kg NPKS+200 Kg Urea is the most commendable.

*Conclusion and application:* In the context where the high price of mineral fertilizers is often the big constraint to the intensification of maize farming, this study is, therefore, a contribution to an integrated fertilization appropriate to the socioeconomic conditions of the region, knowing the low income of its farmers.

**Key words:** Variety, Pan 53, Unilu, Mineral fertilizer, Profitability, Maize

## INTRODUCTION

En raison de la démographie galopante et des besoins alimentaires qui s'en suivent, la production agricole doit augmenter de manière significative afin de nourrir la population mondiale. Jachères et apports de matière organique ne permettent plus l'accroissement nécessaire de cette production. On peut alors l'accroître soit en améliorant les rendements, soit en augmentant les superficies de terres mises en valeur pour l'agriculture. Or, dans le contexte actuel de désertification, de déforestation et d'urbanisation, peu de régions du globe sont capables de supporter une augmentation significative des superficies dévolues à l'agriculture (Pieri, 1989). La nécessité d'améliorer les rendements et la productivité des cultures sur les terres agricoles existantes devient alors un objectif primordial et évident. Seules l'amélioration des techniques culturales (parmi lesquelles l'apport d'engrais organiques et chimiques) et la sélection de variétés plus productives ouvrent des perspectives en ce sens. Mais dans ce contexte de cultures vivrières, le maintien de la fertilité des sols sera la clé de voûte (FAO, 2005). Dans la plupart des

pays au Sud du Sahara, l'augmentation de la pression démographique a entraîné une intensification des pratiques agricoles et une extension des surfaces cultivées qui s'est traduite par une réduction de la durée de jachères. Cette situation non seulement prédispose le sol à l'érosion, mais aussi entraîne un épuisement rapide des éléments nutritifs, notamment l'azote et le phosphore (Mulaji, 2010). Sur le plan agricole, les conséquences se traduisent par de faibles rendements pour les principales cultures vivrières. Par exemple, la réduction de la durée de jachère de six à moins de deux ans dans la zone de savane humide du Nigeria et du Bénin a eu pour conséquence des baisses de rendement du manioc de 11 t.ha<sup>-1</sup> à moins de 2 t.ha<sup>-1</sup> (Batiano et al., 2006). Sur le plan de la qualité du sol, l'intensification des cultures entraîne toujours une baisse du niveau de fertilité du sol; les effets négatifs les plus apparents sont la diminution du taux de matière organique associée à la réduction de la quantité d'azote dans le sol et l'envahissement des terres cultivées par les mauvaises herbes (Batiano et al., 2004). La

fertilisation organique conventionnelle est incompatible avec le contexte socioéconomique des paysans du fait de la disponibilité des amendements organiques en faible quantité (i) et étant donné qu'elle doit être appliquée en grande quantité (ii). Par contre, on reproche généralement aux variétés améliorées plus productives d'être très exigeantes en engrais minéraux et pesticides spécifiques souvent difficiles à acquérir. Le lien étroit qui existe entre le niveau de consommation d'engrais d'un pays et sa productivité agricole ne fait aucun doute. En effet, les niveaux de rendement sont en général plus élevés dans les pays où la consommation d'engrais est forte. On se rend compte aujourd'hui qu'il est plus avantageux pour les pays en développement d'importer des quantités d'engrais afin de relever les niveaux de rendements de leurs cultures plutôt que de devoir acheter des céréales sur les marchés internationaux pour combler les déficits alimentaires (FAO/IFA, 2003). Le recours aux engrais est donc un facteur clé de la modernisation de l'agriculture des pays en développement. L'autre avantage des engrais est qu'ils n'améliorent pas seulement le rendement mais aussi les résidus de culture (biomasse) qui est utilisé comme engrais organique par la culture précédente (Batiano et al., 2006). Selon Vanlauwe

et Giller (2006) et Giller et al. (1998), les apports de phosphore chez les légumineuses doublent la biomasse des cultures et augmentent l'efficacité agronomique des engrais chez les céréales. Dans la région de Lubumbashi, les rendements du maïs sont faibles et n'excèdent pas 800 Kg/ha dans les exploitations agricoles paysannes sans fertilisation. Dans les grandes exploitations agricoles, avec l'utilisation des variétés améliorées et le recours à la fertilisation minérale, des rendements de l'ordre de 4000 à 6000 Kg sont atteints (Nyembo, 2010). La présente étude a pour objectif général d'évaluer le comportement de deux variétés de maïs (Unilu obtenue à la faculté des sciences agronomiques et Pan 53 en provenance de l'Afrique du sud) vis-à-vis de différentes doses d'engrais minéraux (NPKS et Urée). Les objectifs poursuivis par la présente recherche sont la détermination de la dose optimale des engrais chimiques et l'identification de la variété de maïs qui réagit le mieux à la fertilisation minérale. Ainsi, les hypothèses suivantes ont été émises (i) l'utilisation des engrais chimiquement accroît le rendement des cultures, (ii) il existe une dose limite à l'emploi des fertilisants et (iii) aux mêmes doses d'engrais chimiques, les deux variétés réagiraient différemment.

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

**Milieu :** Cette étude a été conduite au cours de la saison culturale 2011-2012, à la ferme Kasapa, une station de recherche de la Faculté des Sciences Agronomiques de l'Université de Lubumbashi (UNILU). Le site est situé à 1243m d'altitude, 11° 39' de latitude sud et 27°28' de longitude Est. Le climat de Lubumbashi est caractérisé par l'alternance d'une saison pluvieuse (novembre à mai) et une saison sèche (mai à septembre) avec octobre et avril comme les mois de transition, juillet et août étant secs. Les sols de la ferme Kasapa sont acides et appartiennent au groupe des ferralsols d'après la base référentielle mondiale de la classification des sols et ceci est dû soit à la position topographique ou soit au drainage (Mpundu, 2010). L'analyse au laboratoire du Centre de Recherche Agro-Alimentaire (GRAA) de l'échantillon composite du sol, selon les méthodes décrites par Mpundu (2010), a donné les résultats suivants : N total=0,224% ; P

total=0,0224% ; P disponible=0,0058% ; S=1,03% ; Ca= 0,04% et Mg= 0,816%. La végétation est constituée de trois types de formation végétale : la savane, la steppe et la forêt (plus de 80%). Au moment de l'ouverture du terrain, les espèces suivantes y ont été inventoriées : *Imperata cylindrica* (herbe sanglante ou herbe de sang japonaise), *Euleusine Indica* (Euleusine des Indes), *Tithonia diversifolia* (tournesol du Mexique), *Cyperus esculenta* (souchet comestible ou amande de terre), *Panicum maximum* (herbe de Guinée), *Cynodon dactylon* (chiendent ou pied de poule) et *Pennisetum purpureum* (herbe à éléphants)

### Matériel

**Matériel biologique :** Deux variétés de maïs ont été utilisées comme matériel biologique : la variété Unilu et la variété Pan 53. La variété Unilu, mise au point par la Faculté des Sciences Agronomiques, est la plus cultivée dans la région, à côté des variétés

Katanga et Babungo. Cette variété améliorée, utilisée comme témoin dans la présente étude, est plus préférée pour sa résistance aux maladies (helminthosporiose, cercosporiose et striure), ravageurs, son potentiel élevé de rendement (7 à 8,5 t.ha<sup>-1</sup> à une densité de 53333 plants ha<sup>-1</sup>) et la faible taille des plantes qui les rend moins sensible à la verse. Par contre, la variété Pan 53, produite par la firme semencière Sud-africaine Pannar et en cours de diffusion de la région, a été retenue pour son rendement élevé (6 à 8 t.ha<sup>-1</sup>) à une faible densité de semis (33333 plants ha<sup>-1</sup>) et étant donné qu'elle produit deux épis par pied. Dans cette étude cependant, les deux variétés ont été semées à la densité de 53333 plants ha<sup>-1</sup> (écartements de 75cm\*25cm).

**Engrais minéraux** : L'Urée (46% d'azote) et le NPKS 10-20-10-6 produits par la firme OMNIA ont été utilisés comme fertilisants.

**Méthodes** : L'essai a été installé suivant un dispositif split plot. Les parcelles principales comprenaient les variétés de maïs (variétés Unilu et Pan 53) et les parcelles secondaires les doses des engrais minéraux (D0= témoin non fertilisé ; D1= 300 Kg NPKS + 200 Kg Urée à l'hectare ; D2= 400 Kg NPKS +800 Kg Urée à l'hectare ; D3= 200 Kg NPKS + 400 Urée à l'hectare ; D4=500Kg NPKS+ 600Kg Urée). Au début de la campagne d'octobre 2011, la parcelle a été labourée à la charrue et les résidus brûlés ont été enfouis. L'engrais minéral NPKS (10-20-10-6) a été appliqué au semis alors que l'urée a été appliquée par fractionnement au 30<sup>ème</sup> et au 75<sup>ème</sup> jour après semis. Le maïs, des variétés Unilu et Pan 53, a été

semé à une densité de 53333 plantes par ha<sup>-1</sup>. Deux sarclages manuels ont été effectués à 4 et à 7 semaines après les semis. En début de végétation le taux de levée a été déterminé par le rapport nombre de plantes levées/nombre de graines semées \*100. En cours de végétation, les nombres de jours à la floraison (mâle et femelle) ont été déterminés par la différence de nombre de jours entre la date de l'apparition des inflorescences (au moins 50% sur une parcelle) et la date de semis ; la hauteur des plantes et celle à l'insertion des épis ont été mesurées à l'aide d'un mètre ruban. A maturité, les quatre lignes de chaque traitement ont été récoltées et le rendement grain ajusté à 14% d'humidité. En revanche, le nombre d'épis par plante, le poids moyen de grains par épi, le poids de 1000 grains, et le rendement ont été déterminés.

L'analyse de variance (ANOVA) et la séparation des moyennes (test de ppds) ont été utilisées pour déterminer les différences entre les traitements. Le rapport valeur sur cout (RVC) a été calculé pour identifier le meilleur traitement facilement adoptable par les cultivateurs. RVC = valeur de l'augmentation du rendement par rapport au témoin en espèce/cout des fertilisants. Selon la FAO (2000), le RVC doit être au moins égal à 2 pour permettre aux paysans de couvrir les frais directs liés à l'utilisation des engrais minéraux à la ferme. Le coût des engrais minéraux est celui observé sur le marché local (55US\$ pour un sac de 50 kg NPKS et 50US\$ pour un sac de 50kg d'urée) alors que le prix moyen de la tonne de maïs dans les marchés de Lubumbashi est 400 US\$.

## RESULTATS

**Effet des doses croissantes des engrais minéraux sur la croissance du maïs (variété UNILU et Pan 53)** : Les moyennes de valeurs obtenues sur le taux de levée, le nombre de jours et la taille de plantes à la floraison mâle, la hauteur à l'insertion des épis ainsi que la résistance à la verse sont présentées dans le tableau 1. Les résultats dans le tableau 1 révèlent que le taux de levée a varié entre 30,8% (D4) et 83,6% (D0) en fonction des doses des engrais minéraux appliquées. L'analyse de la variance révèle que les deux variétés de maïs, tout comme l'interaction variété\*dose des engrais minéraux (V\*D), ont donné des taux de levée similaires. Il se dégage de ce qui précède que les faibles taux de levée obtenus au cours de cette expérimentation ne sont pas liés au facteur

génotype, mais plutôt influencés par les doses des engrais minéraux appliquées. Les moyennes de nombre de jours à la floraison ont varié entre 64 et 72,1 jours en fonction des doses appliquées. L'analyse de la variance (tableau 1) révèle qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes obtenues avec les variétés et les interactions V\*D. Cependant des différences hautement significatives entre les moyennes obtenues avec les différentes doses des engrais minéraux ont été observées. La comparaison des moyennes révèle que la floraison mâle était précoce sur les parcelles fertilisées aux doses D1 et D2 (64 jours) et tardive sur les parcelles témoins (72,1 jours).

**Tableau 1 :** Effets des doses croissantes des engrais minéraux sur la croissance du maïs.  
(Moyennes  $\pm$  Erreurs Standards)

Variétés	Doses des engrais minéraux	Taux de levée (%)	JFM	Hauteur à l'inflorescence mâle (cm)	Résistance à la verse (%)
Unilu	D0	80,8 $\pm$ 2,42	71,3 $\pm$ 2,89	139,9 $\pm$ 20,62	66,6 $\pm$ 5,54
	D1	35,4 $\pm$ 4,15	64 $\pm$ 0,00	193,7 $\pm$ 8,86	32,6 $\pm$ 2,09
	D2	36,8 $\pm$ 8,54	62,7 $\pm$ 2,31	206,7 $\pm$ 3,20	36,7 $\pm$ 4,42
	D3	52,7 $\pm$ 14,22	66,6 $\pm$ 2,31	192,1 $\pm$ 18,66	46,4 $\pm$ 4,48
	D4	25,7 $\pm$ 5,23	64 $\pm$ 0,00	208,9 $\pm$ 5,41	25,7 $\pm$ 5,23
	<b>Moyenne Unilu</b>	<b>46,2 <math>\pm</math> 21,15a</b>	<b>65,8 <math>\pm</math> 23,58a</b>	<b>188,2 <math>\pm</math> 58,81b</b>	<b>41,6 <math>\pm</math> 15,89a</b>
Pan 53	D0	86,8 $\pm$ 3,16	69,6 $\pm$ 0,00	171,4 $\pm$ 41,54	71,5 $\pm$ 8,39
	D1	43 $\pm$ 8,39	64 $\pm$ 0,00	226,4 $\pm$ 16,78	38,1 $\pm$ 12,69
	D2	36,1 $\pm$ 6,37	65,3 $\pm$ 2,31	229,7 $\pm$ 10,46	36,1 $\pm$ 6,41
	D3	52,1 $\pm$ 7,22	65,3 $\pm$ 2,31	234,4 $\pm$ 4,92	41,6 $\pm$ 6,37
	D4	36 $\pm$ 7,89	65,3 $\pm$ 2,31	226,9 $\pm$ 17,41	29,8 $\pm$ 10,68
	<b>Moyenne Pan 53</b>	<b>50,7 <math>\pm</math> 22,15a</b>	<b>66,6 <math>\pm</math> 3,62a</b>	<b>217,7 <math>\pm</math> 26,16a</b>	<b>43,4 <math>\pm</math> 16,57a</b>
Moyenne doses des engrais minéraux	D0	83,6 $\pm$ 8,34a	72,1 $\pm$ 8,23a	155,6 $\pm$ 26,13c	69,01 $\pm$ 3,56a
	D1	39,1 $\pm$ 6,38c	64 $\pm$ 0,00b	218,2 $\pm$ 19,03a	36,4 $\pm$ 4,42c
	D2	39,1 $\pm$ 6,67c	64 $\pm$ 0,13b	210 $\pm$ 2,41b	35,35 $\pm$ 5,46c
	D3	52,3 $\pm$ 7,23b	66 $\pm$ 2,32b	213,2 $\pm$ 3,57b	44,05 $\pm$ 4,32b
	D4	30,8 $\pm$ 8,12c	64,6 $\pm$ 2,37b	217,9 $\pm$ 4,18a	27,73 $\pm$ 8,61d
	<b>Effet de la variété</b>	<b>0,110</b>	<b>0,215</b>	<b>0,000</b>	<b>0,097</b>
	<b>Effet des doses des engrais minéraux</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
	<b>Interaction</b>	<b>0,615</b>	<b>0,412</b>	<b>0,802</b>	<b>0,961</b>

**Légende :** JFM=jours à la floraison mâle ; D0= témoin (parcelle sans fertilisation; D1=300 Kg NPKS+ 200 Kg Urée; D2= 400 Kg NPKS+ 800Kg Urée; D3= 200Kg NPKS+400 Kg Urée; D4=500Kg NPKS+ 600KgUrée. **Les moyennes affectées de différentes lettres indiquent de différence significative entre les traitements après le test de ppds (P=0,05)**

L'analyse de la variance révèle que la variété Pan 53 (217,7 cm) a montré une hauteur moyenne des plants à l'insertion des inflorescences mâles supérieure par rapport à la variété Unilu (188,2 cm) à la floraison mâle. Quant la dose des engrais minéraux, la tendance montre que la taille des plantes augmente avec l'augmentation de la dose. Toutefois, ceci présente de risques élevés de sensibilité à la verse. L'analyse de la variance montre que les interactions V\*D ont induit de niveau de résistance à la verse similaire. Le tableau 1

indique par ailleurs que les individus installés sur les parcelles fertilisées aux doses croissantes des engrais minéraux ont été plus sensibles à la verse que ceux installés sur les parcelles témoins.

#### **Effet des doses croissantes des engrais chimiques sur le rendement du maïs (variété Unilu et Pan 53) :**

Les moyennes de valeurs obtenues sur le nombre d'épis par plante, le poids moyen de graines par épi, le poids de 1000 graines et le rendement sont présentées dans le tableau 2.

**Tableau 2 :** Effets des doses croissantes des engrais minéraux sur le rendement du maïs. (Moyennes  $\pm$  Erreurs Standards)

Variété	Doses des engrais minéraux	Nombre d'épi/pied	Poids moyen grain épi (g)	Poids de 1000 grains (g)	Rendement en maïs grains (tonne/ha)
Unilu	D0	1 $\pm$ 1,41	58 $\pm$ 0,01	275,28 $\pm$ 9,95	2,1 $\pm$ 0,96
	D1	1,09 $\pm$ 5,44	166 $\pm$ 0,04	323,25 $\pm$ 28,38	6,22 $\pm$ 0,54
	D2	1,03 $\pm$ 3,86	204 $\pm$ 0,09	342,76 $\pm$ 21,48	7,28 $\pm$ 0,57
	D3	1,01 $\pm$ 0,94	187 $\pm$ 0,00	307,9 $\pm$ 22,85	8 $\pm$ 1,53
	D4	1,05 $\pm$ 5,31	87 $\pm$ 0,01	326,62 $\pm$ 15,78	10,2 $\pm$ 1,95
	<b>Moyenne unilu</b>	<b>1,03 <math>\pm</math> 1,61a</b>	<b>189 <math>\pm</math> 0,05a</b>	<b>315,16 <math>\pm</math> 25,50a</b>	<b>6,76 <math>\pm</math> 20,61a</b>
Pan 53	D0	1 $\pm$ 5,56	83 $\pm$ 0,03	233,72 $\pm$ 30,00	3,3 $\pm$ 1,73
	D1	1,08 $\pm$ 3,86	198 $\pm$ 0,01	312,17 $\pm$ 12,39	7,19 $\pm$ 0,29
	D2	1,08 $\pm$ 3,68	234 $\pm$ 0,03	328,44 $\pm$ 2,77	9,08 $\pm$ 1,72
	D3	1,03 $\pm$ 3,36	246 $\pm$ 0,00	316,57 $\pm$ 9,24	8,76 $\pm$ 0,46
	D4	1,06 $\pm$ 8,06	257 $\pm$ 0,03	334,45 $\pm$ 28,45	10,09 $\pm$ 1,62
	<b>Moyenne pan 53</b>	<b>1,05 <math>\pm</math> 6,06a</b>	<b>204 <math>\pm</math> 0,08a</b>	<b>305,09 <math>\pm</math> 91,20a</b>	<b>7,6 <math>\pm</math> 19,75a</b>
Moyennes doses des engrais minéraux	D0	1 $\pm$ 1,41a	71 $\pm$ 0,02c	254,5 $\pm$ 8,94c	2,7 $\pm$ 0,86d
	D1	1,09 $\pm$ 5,43a	181 $\pm$ 0,05b	317,71 $\pm$ 25,12b	6,7 $\pm$ 0,48c
	D2	1,06 $\pm$ 8,06a	220 $\pm$ 0,08a	335,6 $\pm$ 29,15a	8,18 $\pm$ 1,53b
	D3	1,02 $\pm$ 3,31a	212 $\pm$ 0,05a	312,28 $\pm$ 12,59b	8,38 $\pm$ 1,29b
	D4	1,05 $\pm$ 7,07a	220 $\pm$ 0,08a	330,54 $\pm$ 26,35a	10,34 $\pm$ 1,99a
	<b>Effet de la variété</b>	<b>0,534</b>	<b>0,074</b>	<b>0,187</b>	<b>0,059</b>
<b>Effet des doses des engrais minéraux</b>		<b>0,067</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>	<b>0,000</b>
<b>Interaction</b>		<b>0,084</b>	<b>0,267</b>	<b>0,228</b>	<b>0,961</b>

Légende: D0= témoin sans fertilisation; D1=300 Kg NPKS+ 200 Kg Urée; D2= 400 Kg NPKS+ 800Kg Urée; D3= 200Kg NPKS+400 Kg Urée; D4=500Kg NPKS+ 600KgUrée. Les moyennes affectées de différentes lettres indiquent de différence significative entre les traitements après le test de ppds (P=0,05)

Le nombre d'épi par plante était similaire entre les deux variétés, les doses des engrais chimiques et leurs interactions. L'analyse de la variance révèle qu'il n'existe pas de différence significative entre les doses des engrais minéraux ( $P > 0,05$ ). En ce qui concerne le poids moyen des grains par épi, il apparaît dans le tableau 2 que les poids ont varié entre 71 g (D0) et 220 g (D2) en fonction des doses. L'analyse de la variance (tableau 2.) révèle qu'il existe une différence hautement significative entre les moyennes obtenues avec les doses des engrais minéraux et des différences non significatives entre l'interaction V\*D. seules les parcelles fertilisées aux doses D2 et D4 ont donné le poids moyen de grains par épi élevé, les parcelles témoins ayant donné le faible poids moyen de grains par épi. Il se dégage de ce qui précède que l'on peut accroître le poids moyen de grains par épi en apportant les engrais minéraux. En outre, on obtient de poids moyen de grains par épi similaire en réduisant la quantité de l'urée de 200 kg mais en augmentant celle

de NPKS de 100 kg. Par ailleurs, l'analyse de la variance révèle que la variété Unilu a donné poids moyen de grains par épi (159g) inférieur à celui obtenu avec la variété Pan 53 (204g). Le tableau 2 montre que le poids moyen de 1000 grains a varié entre 317,71g (D1) et 335,6g (D2) en fonction des doses croissantes des engrais minéraux. L'analyse de la variance révèle qu'il n'existe pas des différences significatives entre les moyennes obtenues avec les variétés et interaction V\*D ; par ailleurs des différences significatives entre les moyennes obtenues avec les doses des engrais minéraux appliquées ont été observées. La comparaison des moyennes révèle que la dose D2 a donné un poids de 1000 grains supérieur à celui des autres doses (342,6 g). Le rendement a varié entre 6,7 t/ha (D1) et 10,14t/ha (D4), avec 2,7 t/ha à la dose D0. L'analyse de la variance révèle qu'il n'existe pas de différences significatives entre les moyennes obtenues avec les variétés et l'interaction V\*D, mais des différences significatives entre les doses des engrais

minéraux appliquées. Toutefois, il existe une corrélation significative étroite entre les doses des engrais minéraux appliquées et les rendements obtenus (figure

1). En outre, les résultats montrent qu'au-delà de 1100kg des engrais minéraux par hectare, le rendement en maïs grains diminue.

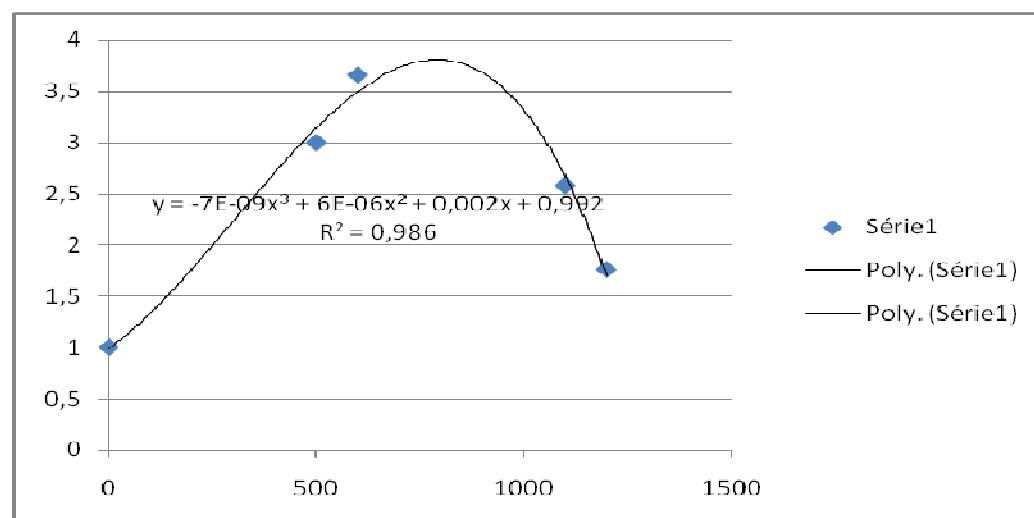


Figure 1 : Relation entre les doses de fertilisants inorganiques et le rendement en maïs grains

**Effet des doses croissantes des engrais chimiques sur la rentabilité économique de la culture de maïs (variété Unilu et Pan 53) :** Les résultats obtenus dans le tableau 3 montrent que les traitements D1, D3 et D4 ayant un rapport valeur sur coût  $\geq 2$  sont les plus

rentables. Mais lors qu'on connaît le faible niveau de revenus de la plupart des paysans de la zone d'étude, le traitement D1 qui a le RVC de 3 est le plus recommandable.

Tableau 3 : Effets des doses croissantes des engrais minéraux sur la rentabilité économique de la culture de Zea mays L

	Cout NPKS (US\$)	Cout Urée (US\$)	Coût total fertilisant (US\$)	Rendement (t/ha)	Augmentation du rendement (t/ha)	Valeur de l'Augmentation de rendement (US\$)	RVC
D0	0	0	0	2,7	-	-	-
D1	330	200	530	6,7	4	1600	3
D2	440	800	1240	8,18	5,48	2192	1,76
D3	220	400	620	8,38	5,68	2272	3,66
D4	550	600	1150	10,14	7,44	2976	2,58

**Légende:** D0= témoin sans fertilisation; D1=300 Kg NPKS+ 200 Kg Urée; D2= 400 Kg NPKS+ 800Kg Urée; D3= 200Kg NPKS+400 Kg Urée; D4=500Kg NPKS+ 600Kg Urée

Il existe en outre une corrélation positive moins étroite entre les doses appliquées et la rentabilité de leur emploi. En effet, les fortes doses des engrais minéraux

bien qu'augmentant le rendement, réduisent cependant leur rentabilité.

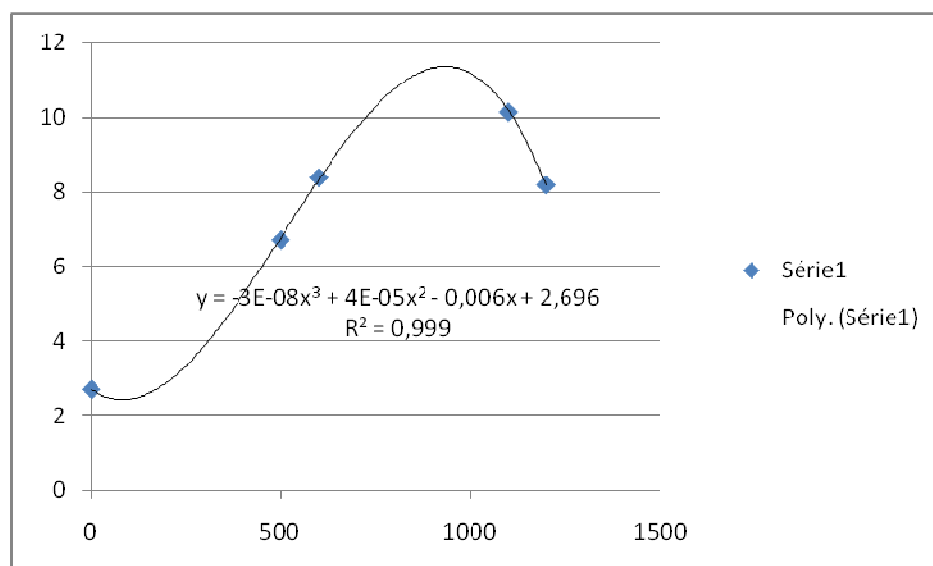


Figure 2 : Relation entre les doses de fertilisants inorganiques et leur rentabilité économique

## DISCUSSION DES RESULTATS

Ni la variété, ni les interactions variétés\*doses des engrais chimiques n'ont influencé le taux de levée. Il se dégage de ce qui précède que les faibles taux de levée obtenus au cours de cette expérimentation ne sont pas liés aux facteurs génotypiques de maïs, mais influencée fortement par les doses appliquées. Ceci serait lié au retard de semis par rapport au calendrier agricole de la région de Lubumbashi. En effet, le bon moment de semis du maïs dans la région de Lubumbashi est situé entre le 15 Novembre et le 15 décembre alors que pour cette étude le maïs a été semé le 28 décembre. Cette période coïncide ainsi avec celle de la grande prolifération des rongeurs et autres maladies dont la fonte de semis. Il s'avère alors important que la date de semis soit, chaque fois, prise en considération pour assurer une levée parfaite. Pour réduire ces risques, les agriculteurs cherchent souvent à semer le plus tôt possible dès la rentrée des pluies (Ristanovic, 2001). Cependant les semis précoces réalisés en conditions humides, présentent un risque de tassement non négligeable (Doré, 1992).

L'observation des résultats dans le tableau 1 montre que les jours à la floraison mâle constitue un caractère lié plus au génotype. Le jour à la floraison mâle est une caractéristique variétale importante car il permet de classer les variétés en différentes catégories selon le cycle végétatif (cycle court, cycle moyen et le cycle long). La comparaison des doses entre elles montrent cependant que les parcelles fertilisées ont induit une apparition tardive des inflorescences mâles. L'excès

d'azote aurait induit ce phénomène. En effet, bien qu'important pour la croissance des végétaux, son excès entraîne cependant une croissance végétative exagérée. L'excès d'azote entraîne notamment un retard de la maturité comme un retard ou une absence de floraison (dû à l'allongement excessif de la période végétative) (Kabrah et al., 1996).

Pour les paramètres hauteur à la floraison mâle, les deux variétés ont donné de plantes de taille similaire. L'influence du génotype serait masquée ici par celui de l'environnement. En ce qui concerne les doses des engrais minéraux appliquées, il apparaît que la hauteur a augmenté en fonction des doses appliquées et elle est restée faible sur les parcelles non fertilisées. La grande taille des plantes observée sur les parcelles fertilisées aux fortes doses des engrais minéraux serait plus liée à la quantité d'azote apportée. En effet, l'azote est l'élément le plus important pour la vie des plantes. Extrait de l'air par quelques plantes ou du sol, il en est le moteur et sert à construire toutes les parties vertes qui assurent la croissance et la vie des plantes (FAO, 2005). Toutefois, au fur et à mesure que les doses des engrais minéraux augmentent et celle de l'azote, il se produit une croissance végétative exagérée et cela a été observé avec les doses les 400 Kg NPKS + 800 Kg Urée et 500 Kg NPKS+ 600 Urée à l'hectare, soit 408 Kg N par hectare et 280 Kg de N par hectare et cela quelle que soit la variété. Les plantes de maïs des variétés Unilu et Pan 53 ont présenté de degré de sensibilité à la verse similaire. Par contre, les



traitements témoins ont présenté un degré de résistance supérieure par rapport aux parcelles fertilisées aux doses croissantes des engrais minéraux. Selon plusieurs études, l'effet de la fertilisation azotée sur la productivité des cultures sont très variables et les apports d'azote élevés peuvent aussi provoquer la verse de la plante et ainsi réduire les rendements engrains (Hauck, 1990 ; Lafond, 2004). Les moyennes de rendement obtenues avec les doses 400 Kg NPKS+ 800 Kg Urée et 200 Kg NPKS+ 400 Kg à l'hectare sont similaires, mais supérieures à celle obtenue avec la dose de 300 Kg NPKS+ 200 Urée à l'hectare (7,6 tonnes) et le témoin (2,7 tonnes). Cependant, la dose de 500 Kg NPKS+ 600 Urée a induit un rendement moyen de 10,14 tonnes à l'hectare supérieur par rapport à ceux obtenus avec l'application de toutes doses intermédiaires et minimale ; ceci montre que, comparativement au traitement à forte dose d'urée (800kg), c'est plus le phosphore qui est l'élément le plus limitant du rendement. L'apport des engrais chimiques a accru de manière significative le rendement du maïs comparativement aux parcelles témoins. En effet, le rendement obtenu sur les parcelles non fertilisées est 4 fois moins que ceux obtenus sur les parcelles fertilisées aux doses de 500 Kg NPKS+600 Kg Urée à l'hectare. La faible production des sols témoins peut être attribuée aux facteurs caractéristiques des sols acides : pH acide, toxicité Al et Mg, déficiences en nutriments (Ca, Mg, P, K, B et Zn) (Mulaji, 2010). En plus, sur les parcelles témoins, l'absence d'apports organiques s'accompagne d'une perte en matières organiques et en nutriments, d'une acidification des sols, d'une réduction de la biomasse et de l'activité microbienne, d'une insolubilisation du phosphore qui ensemble conduisent à la baisse sensible des rendements des cultures (Grantz et al., 1999). Les effets bénéfiques de la fertilisation chimique au moyen de l'agriculture ont été prouvés par de nombreuses recherches (Tshibaka et al., 1992 ; Batiano et al., 2004 ; FAO, 2005). Le rendement significativement plus élevé sur les parcelles fertilisées avec la dose de 500 NPKS+ 600 Kg Urée à l'hectare pourrait être due à la libération des éléments importants : 280 Kg N, 100 Kg P et 50 Kg de K à l'hectare qui sont en grande quantité. La chute du

rendement observé avec les doses d'engrais minéraux les plus élevées, montre que la phase de remplissage des grains est un stade déterminant dans l'élaboration du rendement et qu'elle aurait été perturbée. Les fortes doses d'engrais produisant de grandes quantités de biomasse, dont l'élaboration et l'entretien nécessitent une plus quantité d'eau. Dans ce contexte, les traitements correspondant aux faibles apports minéraux conduisent aux meilleurs rendements. Cependant, Diepenbrock et al. (1995) ont obtenu des rendements en grains plus élevés avec une augmentation de la dose de la fertilisation azotée. Grant et al. (1999) qui ont obtenu des augmentations de rendements suite à l'application d'engrais azotés ont indiqué également que l'application d'azote entraînait plutôt une réduction des rendements en grains lorsque la verse était présente. Diepenbrock et Pörksen (1992) qui ont étudié des fertilisations de 40 et 80 kg N ha<sup>-1</sup> ont indiqué que l'effet de la fertilisation azotée sur la productivité du lin est généralement faible.

Pour ce qui concerne l'apport des engrais Pypers et al (2010) ont trouvé que les engrais augmentent 40 à 100% de rendement de culture dans les sols Kalongo et Civu, dans le Sud Kivu, en République Démocratique du Congo. Ces résultats sont conformes à nos résultats car il ya eu augmentation du rendement de plus de 100% dans les différents traitements à engrais minéraux. En outre, l'apport des fortes doses des engrais chimiques réduit sensiblement la rentabilité de l'emploi des engrais chimiques. En effet, le RVC obtenu avec la dose 200 Kg NPKS + 400 Urée est supérieure à celle de la dose de 500 Kg NPKS + 600 Kg Urée à l'hectare. Dans une étude similaire conduite par Gala et al. (2011) sur la culture de riz à Gagnoa (Côte d'Ivoire), les résultats obtenus ont montré que seule le quart de la dose d'engrais vulgarisée (300 Kg NPKS + 200 Kg Urée) C'est dose d'engrais vulgarisée (50 Kg NPK 12-24-18 + 25 Kg Urée) Les moyennes de rendement obtenues avec les doses 400 Kg NPKS+ 800. Urée et 200 Kg NPKS+ 400 Kg à l'hectare a permis d'accroître significativement le rendement et la rentabilité. Le coût élevé des engrais minéraux couplé au faible coût des produits de récolte sur le marché justifierait ce phénomène.

## CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette étude révèlent que les deux variétés (Unilu et Pan 53) ont un comportement similaire pour tous les paramètres étudiés. Par contre,

la dose des engrais chimiques influence significativement l'ensemble des paramètres observés. Le rendement varie entre 6,7 t/ha (D<sub>1</sub>) et 10,14t/ha

(D<sub>4</sub>), avec 2,7 t/ha à la dose D<sub>0</sub>. En outre, cette étude montre que le traitement D1, avec un RVC de 3, est le plus recommandable, compte tenu du faible niveau de revenu de la plupart des paysans du milieu d'étude. Les résultats de la présente étude qui montre également que la dose d'engrais vulgarisée (300kg

NPKS+200 kg Urée par hectare) est la plus rentable. De ces résultats, nous recommandons que d'autres études soient conduites dans toutes les zones agroécologiques du Katanga/RDC en vue d'apporter des ajustements indispensables aux doses vulgarisées.

## REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le lecteur anonyme pour ses remarques. Les ingénieurs agronomes Chukiyabo Kibenge Minerve, Lumbu Bitotwa Luc et Mbaya

Ngeleka Javerson sont remerciés également pour avoir leur aide précieuse dans la collecte des données et le séchage des épis de maïs.

## BIBLIOGRAPHIE

- Bationo A, Hartemink A, Lungu O, Naimi M, Okoth P, Smaling E, Thiombiano L, 2006. "African soils: their productivity and profitability or fertilizer use". Document de base présenté à l'occasion du sommet africain sur les engrais, Abuja, Nigéria, p 9-13
- Bationo A, Kimetu J, Ikera S, Kimani S, Mugenda D, Odendo M, Silver M, Swift MJ, N. Sanginga N, 2004. The Africa Network for soil biology and fertility: New challenge and opportunities. in Bationo (Ed): Managing of Nutrient Cycles to sustain soil fertility in Sub-Saharan Africa. Academy of science publishers, Nairobi, Kenya, 1-23p
- Diepenbrock WA, Léon J, Clasen K, 1995. Yielding ability and yield stability of linseed in Central Europe. *Agronomy Journal* **87**: 84–88.
- Doré T, 1992. Analyse par voie d'enquête de la variabilité des rendements et des effets précédents du pois protéagineux de printemps (*Pisum sativum* L.), Thèse de Doctorat, INA, Paris-Grignon, 212p
- FAO, 2005. Notions de nutrition des plantes et de fertilisation des sols. Manuel de formation, Projet Intrants, Niger, 24p
- FAO/IFA, 2003. Les engrais et leurs applications : Précis à l'usage des agents de vulgarisation agricole. Quatrième édition. FAO, Rabat, 84p
- FAO/IFA, 2000. Fertilizers and their use – A pocket guide for extension officers. Fourth edition. FAO, Rome, 34p
- Freer JBS et Sansome G, 1991. The influence of plant population and nitrogen fertility on the seed yield and quality of linseed. *Aspects of Applied Biology* **28**: 49–53.
- Giller KE, Cadish G, Mugwira LM, 1998. Potential benefits for interaction between mineral and organic nutrient sources. in Waddington, Murwira, Kumwenda, Hikwa and Tagwira (Ed): Soil fertility research for maize-based farming systems in Malawi and Zimbabwe. Harare, Zimbabwe, p155-158
- Galla TJ, Camara M, Yao Kouame A, Keli ZJ, 2011. Rentabilité des engrais minéraux en riziculture de plateau : cas de la zone de Gagnoa dans le centre ouest de la Côte d'Ivoire. *Journal of applied bioscience* **46**: 3153-3162
- Grant CA, Dribnenki JCP, Bailey LD, 1999. A comparison of the yield response of solin (cv. Linola 947) and flax (cvs. McGregor and Vimy) to application of nitrogen, phosphorus, and Provide (*Penicillium bilaji*). *Canadian Journal of Plant Sciences* **79**: 527–533.
- Hauck RD, 1990. Agronomic and public aspects of soil nitrogen research. *Soil Use Management* **6**: 66–70.
- Kabrah Y, N'guethia R, Yao Goueb D, Coulieb JY, 1996. Effet de l'apport d'engrais chimique et de la matière organique sur le rendement en grain chez le maïs. *Etude et recherche francophone en agriculture*, **5** (3) :131-202
- Lafond J, 2004. Fractionnement de la fertilisation azotée minérale et organique: Effet sur la productivité du canola de printemps et sur les nitrates du sol. *Canadian Journal of Soil Science* **84**: 491–501.
- Mpundu MM, 2010. Contamination des sols en Eléments Traces Métalliques à Lubumbashi (Katanga/RDCongo). Evaluation des risques de contamination de la chaîne alimentaire et choix de solutions de rémediation ». Thèse de

- doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, 432p.
- K.C. Mulaji, 2010. Utilisation des composts de biodéchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (République Démocratique du Congo). Thèse de doctorat, université de Liege- Gembloux Agro-Biotech, 220p.
- Nyembo KL, 2010. Augmentation du rendement du maïs par l'exploitation de l'effet hétérosis des hybrides produits au Katanga, République Démocratique du Congo. Thèse de doctorat, Faculté des sciences agronomiques, Université de Lubumbashi, 157p.
- Pieri C, 1989. Fertilité des terres en savanes. Bilan de trente ans de recherche et de développement agricoles au sud du Sahara. Montpellier, CIRAD-IRAT, 444p.
- Pypers P, Vandamme E, Sanginga JM, Tshibinda T, Walangululu MJ, Merckx R, Vanlauwe B, 2010. K and Mg deficiencies corroborate farmer's knowledge of soil fertility in the Highland of South-Kivu, Democratic Republic of Congo. *in* E.M. Bagura (Ed): évaluation de l'efficacité d'usage des engrais dans les sols dégradés du Sud-Kivu sur la culture du maïs et du haricot commun: cas du groupement de burhale". Mémoire de fin d'études, Université Evangelique en Afrique, (2010) 59p
- Ristanovic D, 2001. Le maïs. *in*: Raemaekers, R.H. (Editor). Crop production in tropical Africa. DGIC (Directorate General for International Coöperation), Ministry of Foreign Affairs, External Trade and International Coöperation, Brussels, Belgium. pp. 23–45
- Tshibaka BT, Honfoga BG, Têvi J, Houngbo A, Dokoué J, 1992. Facteurs déterminants de la connaissance, de l'adoption, de la diffusion et des effets des techniques culturales modernes et des engrais au Sud-est du Togo. Rapport du "Fertilizer Policy Research Project" IFPRI/IFDC. Lomé, Togo.
- Vanlauwe B, Giller KE, 2006. Popular myths around soil fertility management in sub-Saharan Africa. *Agriculture Ecosystem Environment* **116**:34-46